

Nota



Sociedade
Brasileira de
Mastozoologia



MERCURIO TOTAL (THg) EN VICUÑAS (*Vicugna vicugna*) EN ÁREAS MINERAS DEL NOROESTE DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ, BOLIVIA

L. Fabián Beltrán-Saavedra¹, Oscar Loayza¹, Manuel Salinas¹, Viviana Albarracín², Jaime Chincheros-Paniagua³, Jose Luis Mollericona¹, Sandra J. Rivera¹ y Robert Wallace¹

¹Wildlife Conservation Society - Programa de Conservación del Gran Paisaje Madidi - Tambopata (WCS), La Paz, Bolivia.
[Correspondencia: <fbeltran@wcs.org>]

²Servicio Nacional de Áreas Protegidas, Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba (SERNAP, ANMIN Apolobamba), La Paz, Bolivia.

³Laboratorio de Calidad Ambiental, Instituto de Ecología, La Paz, Bolivia.

RESUMEN. Se realizó una evaluación inicial de los niveles de mercurio total (THg) en vicuñas (*Vicugna vicugna*) durante chakus en silvestría, entre octubre y noviembre 2018 y se obtuvieron 14 muestras sanguíneas en cinco localidades de Apolobamba, La Paz, Bolivia. Se compararon localidades de muestreo, sexo y edad de vicuñas, mediante ANOVA de una vía. Las muestras sanguíneas presentaron entre 0.10 - 0.15 $\mu\text{g/l}$ de THg. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en las variables estudiadas. Se recomienda evaluar mercurio en ambientes, y metil-mercurio en vicuñas, ganado y peces carnívoros para una mejor gestión de la minería.

ABSTRACT. Total mercury (THg) in vicuñas (*Vicugna vicugna*) in mining areas of northwestern La Paz department, Bolivia. An initial survey of total mercury (THg) in vicuñas (*Vicugna vicugna*) was made at localities with gold mining activity in the north-west of the department of La Paz, Bolivia, during chakus in the wild, between October and November 2018. We obtained 14 blood samples in five locations in Apolobamba, La Paz, Bolivia. Sampling locations, sex and age of vicuña were compared, using one-way ANOVA. Blood samples showed between 0.10 - 0.15 $\mu\text{g/l}$ THg. No significant differences were found ($p > 0.05$) in the variables studied. We recommend evaluating mercury in environments, and methyl-mercury in vicuña, cattle and carnivorous fish for better mining management.

Palabras clave: Apolobamba, Bolivia, mercurio en sangre, minería de oro, vicuña.

Key words: Apolobamba, Bolivia, gold mining, mercury in blood, vicuña.

La recuperación de las poblaciones de vicuñas (*Vicugna vicugna*), es uno de los pocos ejemplos exitosos en la historia de la conservación de la fauna de Bolivia y de la región. En Bolivia, particularmente, el manejo para su aprovechamiento mediante la captura y esquila de animales vivos y en estado

silvestre incrementa el valor de conservación de la especie (Villalba et al. 2010). Según Coppolillo et al. (2004), en el noroeste del departamento de La Paz, Bolivia, la vicuña es considerada como una “especie paisaje” que permite definir unidades de manejo ecológicamente significativas, identificar la

ocurrencia y razón de conflictos entre humanos y la conservación de recursos, enfocar esfuerzos en la resolución de conflictos, y evaluar la efectividad de estos esfuerzos.

La vicuña es un camélido sudamericano sin dimorfismo sexual (Villalba et al. 2010); los machos se reproducen a partir de los 3 a 4 años, mientras que las hembras a partir de los 2 a 3 años (Franklin 1974; Tichit 1991). Es una especie pastoreadora de praderas y bofedales altoandinos, que consume principalmente hojas de gramíneas y ramas de plantas leñosas (Franklin 1982; Villalba et al. 2010). Así también, es una especie con territorialidad de 3.50 a 5.20 ha en época seca y de 4.20 a 6.20 ha en época húmeda (Ménard 1982), con desplazamiento máximo diario de 2 kilómetros (Franklin 1982).

El mercurio es un metal pesado que puede estar presente en especies químicas metálica, iónica, inorgánica y orgánica, siendo estas últimas las más tóxicas, y de la que el metil-mercurio (MeHg) es el más estudiado (Ye et al. 2016). En ambientes acuáticos y terrestres puede ser encontrado en forma elemental (Hg^0) o en compuestos inorgánicos (InHg) y orgánicos (OrHg), y estos ingresan a los organismos vertebrados con diferencias toxicocinéticas respecto a su absorción, distribución y acumulación.

El Hg^0 es un excelente solvente para el oro, a través de la formación de amalgamas (aleaciones) (Kalisinska et al. 2019), que son empleadas en actividades mineras de obtención de oro artesanal y de pequeña escala, y en cuyo quemado se generan vapores de Hg^0 que es liberado a la atmósfera, pudiendo afectar a personas que trabajan o viven en o cerca de las minas (Gibb & O'Leary 2014). Así mismo, exposiciones crónicas a niveles de MeHg considerados bajos ($10 \mu g/l$ en sangre) producen toxicidad cardiovascular, reproductiva y del desarrollo, neurotoxicidad, nefrotoxicidad, hepatotoxicidad, inmunotoxicidad y carcinogenicidad, debido a su acumulación en tejidos (Ye et al. 2016).

El Área Natural de Manejo Integrado Nacional (ANMIN) Apolobamba es un área protegida nacional ubicada en el nor-oeste del departamento de La Paz - Bolivia, en esta región la minería en su mayoría es artesanal y de pequeña escala, realizada por cooperativas locales, explotando principalmente oro y empleando Hg en sistemas abiertos con posterior quemado de amalgama al aire libre (MMAyA-SERNAP 2016), y se estima que se utiliza entre 0.25 a 6 kg/mes de Hg en cada mina de esta área protegida (Ramírez & Terán 2002). Los reportes semestrales del programa de monitoreo integral que el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), con apoyo

de la Wildlife Conservation Society (WCS), que realiza en el área protegida, muestran un significativo aumento de actividades mineras legales e ilegales, por ejemplo, en 2010 se tenían registradas 55 operaciones mineras activas y a 2017 incrementaron a 156 operaciones mineras activas (SERNAP 2011; 2018).

Un estudio anterior, empleando espectrometría de absorción atómica de vapor frío, en alrededores de la mina aurífera Sunchulli de esta área protegida, estableció concentraciones de metales, predominando Hg en suelos (0.06 a 1.20 mg/kg^{-1}) y sedimentos (0.10 a 12.3 mg/kg^{-1}) del lago cercano, en sedimentos (4.14 a 100 mg/kg^{-1}) del río, y en el suelos de la comunidad (5.10 a 203 mg/kg^{-1}), concluyendo que la salud humana podría estar en riesgo por deposición atmosférica, ingresando mediante inhalación y contacto, y la salud ambiental también podría ser afectada debido a la metilación de Hg a partir del sedimento acuático (Muñoz et al. 2013).

A nuestro conocimiento no existen reportes anteriores de niveles de mercurio total (THg) en sangre de vicuñas y otras especies de camélidos sudamericanos silvestres guanacos (*Lama guanicoe*) y domésticos alpacas (*Vicugna pacos*) y llamas (*Lama glama*).

Como parte de los estudios de monitoreo de salud de fauna silvestre realizados por la WCS en el ANMIN Apolobamba, entre los meses de octubre y noviembre de 2018, durante los chakus de vicuñas (*Vicugna vicugna*) realizados por pobladores aymaras locales para el aprovechamiento de su fibra, se recolectaron muestras de sangre para evaluación de niveles de Hg.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar los niveles de THg en sangre de vicuñas, su comparación entre localidades con y sin minería aurífera, y proponer algunas recomendaciones de monitoreo que permitan aportar al manejo y gestión de la minería en el ANMIN Apolobamba.

La obtención de muestras sanguíneas, durante las esquilas comunitarias en silvestría realizadas en el marco del Plan de Aprovechamiento Sostenible de la Fibra de Vicuña en el ANMIN Apolobamba, se realizó en cinco comunidades aymaras, de las cuales Cañuhuma, Nube Pampa y Puyo Puyo se encuentran en serranías, y Plan Aeropuerto y Ucha Ucha se encuentran en pampas (Fig. 1 y Tabla 1).

Fueron obtenidas 14 muestras sanguíneas de la vena yugular de vicuñas entre 2.0 a 3.5 cm^3 en tubos Vacutainer con el anticoagulante EDTA y refrigeradas a 4°C durante tres a cinco días hasta su análisis de laboratorio.

Las determinaciones de THg en sangre de vicuñas se realizaron utilizando la técnica de Fluorescencia

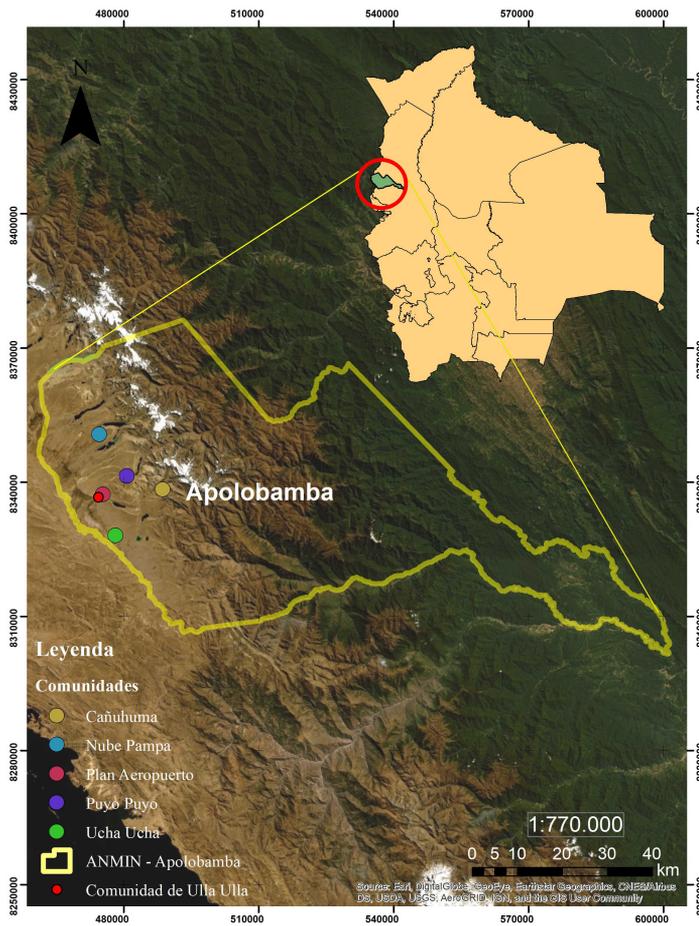


Fig. 1. Localidades de captura de vicuñas (*Vicugna vicugna*) y obtención de muestras para evaluar niveles sanguíneos de mercurio total (THg) en el ANMIN Apolobamba, Bolivia.

Tabla 1

Niveles de mercurio total (THg) obtenidos en sangre de vicuñas (*Vicugna vicugna*) del ANMIN Apolobamba, Bolivia.

N°	Código	Fecha	Localidad / Zona	Sexo	Edad	Niveles de THg ($\mu\text{g/l}$)
1	PU-VI-04-18	27/10/2018	Puyo Puyo	Macho	2 años	0.15
2	PU-VI-05-18	27/10/2018	Puyo Puyo	Macho	2 años	0.12
3	PU-VI-06-18	27/10/2018	Puyo Puyo	Macho	2 años	0.13
4	AER-VI-02-18	28/10/2018	Plan Aeropuerto	Hembra	>2 años	0.13
5	AER-VI-05-18	28/10/2018	Plan Aeropuerto	Macho	2 años	0.13
6	AER-VI-07-18	28/10/2018	Plan Aeropuerto	Hembra	<1 año	0.12
7	UCHA-VI-01-18	07/11/2018	Ucha Ucha / Collpani	Macho	Nd	0.13
8	UCHA-VI-03-18	07/11/2018	Ucha Ucha / Collpani	Macho	Nd	0.13
9	UCHA-VI-04-18	07/11/2018	Ucha Ucha / Collpani	Hembra	2 años	0.14
10	NUB-VI-02-18	10/11/2018	Nube Pampa / Yonanco	Hembra	Nd	0.13
11	NUB-VI-04-18	10/11/2018	Nube Pampa / Yonanco	Macho	<1 año	0.13
12	NUB-VI-06-18	10/11/2018	Nube Pampa / Yonanco	Macho	1 año	0.13
13	CAÑ-VI-11-18	11/11/2018	Cañuhuma / Cerro Chuaña	Hembra	2 años	0.10
14	CAÑ-VI-13-18	11/11/2018	Cañuhuma / Cerro Chuaña	Hembra	>2 años	0.12

Nd= No determinada.

Atómica mediante vapor frío, según el método Environmental Protection Agency (EPA 245.2), con límite de detección= 0.05 µg/l. Para la trazabilidad de las muestras, se empleó material de referencia sanguínea (UTAK METALS LEVEL) con valores entre 0.50 y 50 ng/ml.

Los niveles de THg en sangre fueron analizados mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, encontrando que la distribución fue no normal ($p < 0.05$; $W = 0.0183$). Por lo tanto, los datos fueron transformados a logaritmo natural para realizar los estadísticos de significancia ($p < 0.05$), comparando las variables localidades, sexo y edad de las vicuñas empleando ANOVA de una vía, y de encontrarse significancias se exploraría post hoc cada par mediante Test de Student. Todos los análisis fueron realizados en el Programa JMP v. 7.0.1 (SAS 2007).

Las muestras sanguíneas de vicuñas analizadas para THg en sangre presentaron un rango de 0.10-0.15 µg/l y un promedio de 0.13 µg/l (Tabla 1). No se observaron diferencias significativas entre promedios de THg de localidades ($F = 2.61$; $p > 0.05$), y sexo ($F = 1.92$; $p > 0.05$) y edad ($F = 0.04$; $p > 0.05$) de las vicuñas.

Recientemente fue realizada una compilación y caracterización de pasivos ambientales mineros en el Área Natural de Manejo Integrado Nacional (ANMIN) Apolobamba, y como parte de la misma se evaluaron niveles de THg en matrices de desmonte (mina Niño Corín), sedimento (mina Putina) y suelos (mina Uyuni), donde no se encontraron niveles detectables de mercurio (THg < 0.001 mg/kg) (Prado et al. 2016). Sin embargo, en un estudio anterior en la mina Sunchulli de esta área protegida, entre los metales encontrados, predominó Hg en suelos y sedimentos, mencionando los autores que este metal pesado podría afectar la salud humana y del ambiente (Muñoz et al. 2013).

En nuestro estudio, las concentraciones de THg en sangre de vicuñas, fueron similares entre localidades de serranías con actividad minera (0.12 a 0.15 µg/l) y localidades de pampa sin actividad minera (0.12 a 0.14 µg/l), y posiblemente se deba a que las pampas son naturalmente regadas con aguas provenientes de las serranías mencionadas. Y en el caso particular de la comunidad Cañuhuma de serranía, donde no existe actividad minera, los niveles de THg en sangre de vicuñas estuvieron entre los menores (0.10 y 0.12 µg/l), pero sin diferencias significativas, en comparación a los niveles de THg (0.12 a 0.15 µg/l) de las otras localidades colindantes y con actividad minera, probablemente debido a que como indica Franklin

(1982), esta especie silvestre puede desplazarse hasta dos kilómetros en un día.

Estudios de especiación de Hg en cerebros y músculos de mamíferos herbívoros y carnívoros demostraron que $> 80\%$ de Mercurio Total (THg) correspondía a MeHg y el resto era InHg (Kalisinska et al. 2019). Asimismo, las concentraciones de MeHg son bio-magnificadas cuando ingresa a la red trófica, donde los menores niveles son encontrados en mamíferos herbívoros como alces (*Alces alces*) y ciervos mulos (*Odocoileus hemionus*) (tejido muscular= 0.01 a 0.18 µg/g ww) y los mayores niveles en carnívoros piscícolas como osos polares (*Ursus maritimus*) (tejido muscular= 0.01 a 0.66 µg/g ww) (Wren 1986). Las vicuñas de este estudio pudieron adquirir Hg⁰ a partir de inhalación en suelos de zonas mineras, y también debido a que se podría estar produciendo la metilación de Hg en la red trófica, aspectos que requieren ser investigados a mayor profundidad, dado que este estudio es el primero que presenta niveles de THg en sangre de esta especie, y debido a que estos datos son escasos se consideran preliminares, requiriendo realizar especiación de Hg y contar con un mayor número de muestras para robustecer posibles diferencias significativas.

Para un mejor manejo y gestión de la actividad minera en el ANMIN Apolobamba en relación al Hg se recomienda: Obtener sedimentos y agua de lagos y ríos, lodos de bofedales y pasturas de diferentes localidades, para conocer los niveles de Hg asociados a la actividad minera; Realizar estudios de MeHg en vicuñas mediante muestras de pelos durante los chakus en silvestría, para el registro espacio-temporal de bio-acumulación, al ser una especie con importancia ecológica y socio-económica; Y realizar estudios de MeHg en ganado doméstico y en peces carnívoros, al ser parte de la dieta diaria de las personas locales.

Agradecimientos. A las comunidades de Cañuhuma, Nube Pampa, Plan Aeropuerto, Puyo Puyo y Ucha Ucha, al Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba, en especial al Cuerpo de Guardaparques por los permisos y la cooperación brindada. A Herminio Ticona, Laurent Uruño y Vanessa Ramos por el apoyo en campo. A Wendy Acahuana por el desarrollo del mapa de este estudio. Y a dos revisores anónimos, por sus importantes aportes al manuscrito. Este trabajo fue realizado en el marco del Programa de Conservación del Gran Paisaje Madidi - Tambopata de WCS - Bolivia y con apoyo del proyecto "Integrando mejores prácticas ambientales en operaciones mineras en el corredor de conservación Madidi - Pilón Lajas - Cotapata", financiado por Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF).

LITERATURA CITADA

COPPOLILLO, P., H. GOMEZ, F. MAISELS, & R. WALLACE. 2004. Selection criteria for suites of landscape species as a basis for

- site-based conservation. *Biological Conservation* 115:419-430. [https://doi.org/10.1016/s0006-3207\(03\)00159-9](https://doi.org/10.1016/s0006-3207(03)00159-9)
- FRANKLIN, W. L. 1974. The social behavior of the vicuña. The behavior of ungulates and its relation to management (V. Geits & F. Walther, eds.). UICN Publication 24, Morges.
- FRANKLIN, W. L. 1982. Biology, ecology, and relationship to man of the South American camelids. *Mammalian biology in South America* (M.A. Mares & H.H. Genoway, eds.). Pymatuning Symposia in Ecology 6, University of Pittsburg, Pittsburg. <https://doi.org/10.2307/1380542>
- GIBB, H., & K. G. O'LEARY. 2014. Mercury exposure and health impacts among individuals in the artisanal and small-scale gold mining community: a comprehensive review. *Environmental Health Perspectives* 122:667-672. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307864>
- KALISINSKA, E., N. LANOCHA-ARENARCZYK, & D. I. KOSIK-BOGACKA. 2019. Mercury, Hg: Mammals and Birds as Bioindicators of Trace Element Contaminations in Terrestrial Environments (Kalisinska, E, eds.). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00121-6_17
- MÉNARD, N. 1982. Quelques aspects de la socioecologie de la vigogne Lama vicugna. *Revue d'écologie* 36, 15-35.
- MMAYA- SERNAP. 2016. Plan de manejo, Área Natural de Manejo Integrado Nacional. Apolobamba 2016 – 2025: Parte I Diagnóstico y Caracterización. Centro de Estudios y Proyectos.
- MUÑOZ, M. A., A. FAZ, J. A. ACOSTA, S. MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, & J. M. AROCENA. 2013. Metal content and environmental risk assessment around high-altitude mine sites. *Environmental Earth Sciences* 69:141-149. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1942-2>
- PRADO, M. ET AL. 2016. Inventariación y caracterización de pasivos ambientales mineros en Áreas Protegidas: Área Natural de Manejo Integrado Nacional. Proyecto BOL/91196, Gestión de Pasivos Ambientales en Áreas Protegidas y su Influencia en el Recurso Hídrico. Servicio Nacional de Áreas Protegidas. <https://doi.org/10.15359/rca.26-1.2>
- RAMÍREZ, V., & N. TERÁN. 2002. Informe de trabajo de campo: Inventariación de actividades Mineras e impactos ecológicos y socioeconómicos en el Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba. Conservación Internacional/CEPF, La Paz.
- STATISTICAL ANALYSIS SOFTWARE (SAS) 2007. JMP version 7.0.1.
- SERNAP 2011. Informe final de la implementación del programa de minería intergral y plan de acción ambiental. ANMIN Apolobamba. Servicio Nacional de Áreas Protegidas, Wildlife Conservation Society.
- SERNAP. 2018. Diagnóstico Ambiental: Actividades, Obras y/o Proyectos ANMIN Apolobamba. Servicio Nacional de Áreas Protegidas.
- TICHT, M. 1991. Los camélidos en Bolivia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Fundación para Alternativas de Desarrollo FADES, La Paz.
- VILLALBA, M. L., E. CUELLAR, & T. TARIFA. 2010. Camelidae. Distribución, Ecología y Conservación de los mamíferos medianos y grandes de Bolivia (R.B. Wallace, H. Gómez, Z. Porcel & D. Rumiz, eds.). Editorial: Centro de Ecología Difusión Simon I. Patiño, Santa Cruz de la Sierra.
- WREN, C. D. 1986. A review of metal accumulation and toxicity in wild mammals: I. Mercury. *Environmental Research* 40:210-244. [https://doi.org/10.1016/s0013-9351\(86\)80098-6](https://doi.org/10.1016/s0013-9351(86)80098-6)
- YE, B. J. ET AL. 2016. Evaluation of mercury exposure level, clinical diagnosis and treatment for mercury intoxication. *Annals of Occupational and Environmental Medicine* 28:5.